

DESAIN DAN ANALISIS TEKNIS JALUR SISTEM PERPIPAAN DOMESTIC SUPPLY SYSTEM PADA KAPAL PENUMPANG REFURBISH

Muhammad Dhani Alrasyid ^{1*}, Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA. ², Lely Pramesti, S.T., M.T. ³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*3}

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Email: dhani.alrasyid@student.ppns.ac.id^{*}

Abstract - The Refurbished Passenger Ship is a passenger and freight ship operating on the Kupang - Rote shipping route. It was built in Japan in December 1980 with Class NK, then inaugurated by PT ASDP Indonesia Ferry in March 2021 with Class BKI. In April 2021, the ship sank due to the impact of high waves in a tropical cyclone storm at Bolok Harbor, Kupang, East Nusa Tenggara. This incident made it necessary to change the piping system line on the ship. This system is specifically designed to meet the needs of clean water in a maritime environment involving storage tanks, water pumps and pipelines. In the context of domestic supply and discharge sanitary system pipelines for new buildings, the first step involves mapping the design and installation of sanitary infrastructure, including the selection of materials suitable for the maritime environment. The design should also consider compliance with maritime regulations, space efficiency, and integration of modern technologies for improved sanitary system effectiveness and lower environmental impact. This research will result in a fresh water tank volume requirement of 27.25 m³, main pipe diameter of 65 mm fresh water and 50 mm sea water.

Keyword: Domestic supply, Discharge Sanitary, Design, Piping, Pump Power

1. PENDAHULUAN

Kapal Penumpang Refurbish merupakan kapal ro-ro passenger ferry yang beroperasi di rute pelayaran perairan Kupang – Rote. Kapal penumpang ini memiliki kapasitas angkut penumpang sebanyak 700 orang dan 30 awak kapal serta jumlah kendaraan sebanyak 16 unit truk besar, 6 unit truk kecil, dan 32 unit minibus. Pada Desember 1980, kapal penumpang ini dibangun disebuah galangan di Jepang dengan Class Nippon Kaiji Kyokai “Class NK”. Kemudian dibeli oleh Perusahaan PT. ASDP Indonesia Ferry dan diresmikan pada Maret 2021, sehingga bendera Indonesia dan Class berubah menjadi Class BKI dengan kategori kapal “Non IACS Ship Requirement”.

Menurut surat edaran ME.01.02/PDR/O7/KTUG/IV-2021 dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kupang pada April 2021, kondisi pasang surut air laut, gelombang tinggi, dan curah hujan yang tinggi menyebabkan layanan operasional penyebrangan di Pelabuhan Kupang ditutup sementara. Penutupan ini dilakukan oleh otoritas setempat hingga situasi kembali kondusif. Pada saat curah hujan tinggi, sebuah kapal penumpang tenggelam akibat gelombang tinggi di perairan dermaga Pelabuhan Bolok, Kupang, Nusa Tenggara Timur. Kapal tersebut mengalami benturan yang mengakibatkan kebocoran, sehingga air laut masuk dan menyebabkan kapal miring dan akhirnya tenggelam. Karena kapal sedang bersandar dan tidak beroperasi saat

kejadian, penumpang dan awak kapal tidak berada di dalam kapal, sehingga tidak ada korban jiwa.

Pada kasus kapal milik PT. ASDP Indonesia Ferry ini terjadi kerusakan yang parah mengakibatkan pergantian seluruh sistem perpipaan baru pada jalur sistem air tawar dan air laut pada Domestic Supply System dan Discharge Sanitary System. Domestic Supply System merupakan kebutuhan air bersih yang diambil dari tangki penyimpanan air tawar dan dipompa ke tangki hydrophore yang kemudian didistribusikan ke seluruh kapal untuk kebutuhan crew, penumpang dan kebutuhan berhubungan dengan engine. Ada dua pompa yang memberi tekanan pada tangki hydrophore yaitu pompa utama dan pompa siaga yang di atur pada ketentuan BKI Part 1, Volume 3, Sec. 11 Piping Systems, Valves and Pumps. Kemudian untuk Discharge Sanitary diatur pada Regulation SOLAS Consolidated Edition, 1st January 2020, Appendix, Part 2, International Sewage Pollution Prevention dan MARPOL Annex IV Sewage Pollution Prevention, Regulation 4.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti melakukan redesain dan analisis teknis yang tepat untuk merekomendasikan jalur perpipaan domestic supply system dan discharge sanitary system pada Kapal Penumpang Refurbish ini. Dengan demikian, diharapkan kapal penumpang milik PT. ASD Indonesia Ferry mendapatkan rekomendasi jalur sistem perpipaan Domestic Supply System dan Discharge Sanitary system yang baru sesuai dengan standar BKI dan dapat

meningkatkan keselamatan .

2. METODOLOGI

2.1 Sistem Perpipa Sanitary

Sistem Sanitary, atau yang juga dikenal sebagai sistem distribusi air domestik, adalah jaringan yang menyediakan air bersih (fresh water) di kapal untuk keperluan ABK seperti minum, memasak, mandi, mencuci, dan lain-lain. Untuk kebutuhan di WC (water closet), sistem yang sama menggunakan air laut (sea water) dengan perencanaan yang serupa, didistribusikan ke setiap geladak yang memiliki kamar mandi. Kedua sistem tersebut bekerja dengan prinsip yang sama, yaitu menggunakan pompa otomatis untuk mengalirkan fluida ke tangki bertekanan (hydropore) yang mendapatkan suplai dari sistem udara tekan.

2.2 Perhitungan Kebutuhan Air Tawar

• Makan dan Minum

Kebutuhan air untuk konsumsi makan dan minum per orang dalam sehari berkisar antara 10 hingga 20 kg. Berdasarkan data yang tersedia dan durasi pelayaran kapal, kebutuhan air tawar untuk konsumsi makan dan minum di kapal ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 berikut:

$$W_{fwd} = \frac{Z_e \times C_{fwd} \times R}{24 \times V_s \times 1000} \quad (2.1)$$

Dimana :

C_{fwd} = Koefisien pemakaian air minum (10-20)

Kg/Orang/Hari

Z_e = Jumlah Orang

R = Radius Pelayaran

V_s = Kecepatan Kapal (knot)

• Cuci dan Mandi

Kebutuhan air untuk sanitasi per orang dalam sehari berkisar antara 60 hingga 100 kg. Berdasarkan data yang ada dan durasi pelayaran kapal, kebutuhan air tawar untuk sanitasi di kapal ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$W_{fww} = \frac{Z_e \times C_{fww} \times R}{24 \times V_s \times 1000} \quad (2.2)$$

Dimana :

C_{fww} = Koefisien pemakaian sanitasi (60-100)

Kg/Orang/Hari

Z_e = Jumlah Orang

R = Radius Pelayaran

V_s = Kecepatan Kapal (knot)

• Memasak

Kebutuhan air untuk memasak per orang dalam sehari berkisar antara 3 hingga 4 kg. Berdasarkan data yang ada dan durasi pelayaran kapal, kebutuhan air tawar untuk memasak di kapal ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$W_{fwc} = \frac{Z_e \times C_{fwc} \times R}{24 \times V_s \times 1000} \quad (2.3)$$

Dimana :

C_{fwc} = Koefisien pemakaian memasak (3-4)

Kg/Orang/Hari

Z_e = Jumlah Orang

R = Radius Pelayaran

V_s = Kecepatan Kapal (knot)

• Pendingin Mesin

Kebutuhan air tawar untuk pendingin mesin per hari berkisar antara 0,1 hingga 0,2 liter per BHP. Berdasarkan data yang tersedia dan durasi pelayaran kapal, kebutuhan air tawar untuk pendingin mesin di kapal ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$W_{fwj} = BHP \times C_{fwj} \times R / V_s \times (10)^{-6} \quad (2.4)$$

Dimana :

C_{fwj} = Koefisien pendingin mesin (0,1-0,2)g/BHP

Z_e = Jumlah Orang

R = Radius Pelayaran

V_s = Kecepatan Kapal (knot)

BHP = Daya mesin induk

• Total Kebutuhan Air Tawar

Dari seluruh perhitungan kebutuhan air tawar maka jumlah air tawar yang dibutuhkan dari kapal ini dengan Persamaan 2.5 sebagai berikut :

$$W_{fw} = W_{fwd} + W_{fww} + W_{fwc} + W_{fwj} \quad (2.5)$$

Dimana :

W_{fw} = Jumlah total kebutuhan air tawar

W_{fwd} = Jumlah kebutuhan air tawar untuk makan dan minum

W_{fww} = Jumlah kebutuhan air tawar untuk sanitasi

W_{fwc} = Jumlah kebutuhan air tawar untuk memasak

W_{fwj} = Jumlah kebutuhan air tawar untuk pendingin mesin

2.3 Perhitungan Hydrophore

Untuk menentukan besarnya volume dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$V_h = V_o + \left(\frac{Q \times P_1}{6 \times (P_1 - P_2)} \right) \quad (2.6)$$

2.4 Perhitungan Diameter Pipa

Diameter pipa dapat dihitung dengan menggunakan rumus dengan Persamaan 2.9 sebagai berikut :

$$Q = A \times v \quad (2.7)$$

$$Q = (\pi \times D^2) / 4 \times v \quad (2.8)$$

$$D = \sqrt{((4 \times Q) / (\pi \times v))} \quad (2.9)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Kebutuhan Air Tawar

• Makan dan minum

$$W_{fwd} = (730 \times 10 \times 47) / (24 \times 15,5 \times 1000)$$

$$W_{fwd} = 0,922 \text{ Ton}$$

Maka,

$$V_{fwd} = W_{fwd} / \rho$$

$$V_{fwd} = 0,922 / 1 \quad \rho \text{ air tawar} = 1 \text{ Ton/m}^3$$

$$V_{fwd} = 0,922 \text{ m}^3$$

• Cuci dan Mandi

$$W_{fww} = (730 \times 60 \times 47) / (24 \times 15,5 \times 1000)$$

$$W_{fww} = 5,533 \text{ Ton}$$

Maka,

$$V_{fww} = W_{fww} / \rho$$

$V_{fw} = 5,533/1$ $\rho_{\text{air tawar}} = 1 \text{ Ton/m}^3$
 $V_{fw} = 5,533 \text{ m}^3$
 • Memasak
 $W_{fw} = (730 \times 3 \times 47) / (24 \times 15,5 \times 1000)$
 $W_{fw} = 0,276 \text{ Ton}$
 Maka,
 $V_{fw} = W_{fw} / \rho$
 $V_{fw} = 0,276/1$ $\rho_{\text{air tawar}} = 1 \text{ Ton/m}^3$
 $V_{fw} = 0,276 \text{ m}^3$
 • Pendingin Mesin
 $W_{fw} = (1600 \times 0,2 \times (47 / 24 \times 15,5)) \times 2$
 $W_{fw} = 0,081 \text{ Ton}$
 Maka,
 $V_{fw} = W_{fw} / \rho$
 $V_{fw} = 0,081/1$ $\rho_{\text{air tawar}} = 1 \text{ Ton/m}^3$
 $V_{fw} = 0,081 \text{ m}^3$
 • Jumlah Kebutuhan Air Tawar
 $W_{fw} = 0,922 \text{ Ton}$
 $W_{fw} = 5,533 \text{ Ton}$
 $W_{fw} = 0,276 \text{ Ton}$
 $W_{fw} = 0,081 \text{ Ton}$
 Sehingga,
 $W_{fw} = 0,922 + 5,533 + 0,276 + 0,081$
 $W_{fw} = 6,81 \text{ Ton}$
 Sedangkan kapal penumpang ini berlayar diasumsikan 4 kali perjalanan dalam sehari yang dibutuhkan adalah
 $W_{fw} = 4 \times 6,81 \text{ Ton}$
 $W_{fw} = 27,25 \text{ Ton}$

3.2 Perhitungan Volume Tangki Air Tawar

Dengan kebutuhan air tawar total 27,25 ton, maka dibutuhkan volume tangki air tawar pada perhitungan dibawah ini:

$$V_{fw} = W_{fw} / \rho \quad \rho_{\text{air tawar}} = 1 \text{ Ton/m}^3$$

$$V_{fw} = 27,25 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan volume tangki air tawar 27,25 m³, maka untuk menghitung rata-rata kebutuhan air tawar dilakukan perhitungan berikut:

$$Q = V_{fw} / (R/V_s)$$

$$Q = 27,25 / (47/15,5)$$

$$Q = 8,99 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3.3 Perhitungan Volume Tangki Hydrophore Air Tawar

Dari perhitungan rata rata kebutuhan air tawar maka bisa didapatkan tangki *hydrophore* untuk memastikan kapasitas yang memadai guna membantu kebutuhan suplai air tawar menuju kamar per deck.

$$V_h = V_o + \left(\frac{Q \times P_1}{6 \times (P_1 - P_2)} \right) \quad (2.6)$$

$$V_h = 0,545 + \left(\frac{8,99 \times 5,5}{6 \times (5,5 - 3)} \right)$$

$$V_h = 3,84 \text{ m}^3 = 3840 \text{ liter}$$

3.4 Perhitungan Diameter Pipa Utama Air Tawar

$$D = \sqrt{(4 \times Q) / (\pi \times v)} \quad (2.9)$$

$$D = \sqrt{(4 \times 0,00278) / (3,14 \times 1))}$$

$$D = 0,059 \text{ m} = 59,485 \text{ mm} = 2,342 \text{ inchi}$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan ukuran minimum diameter pipa utama air tawar

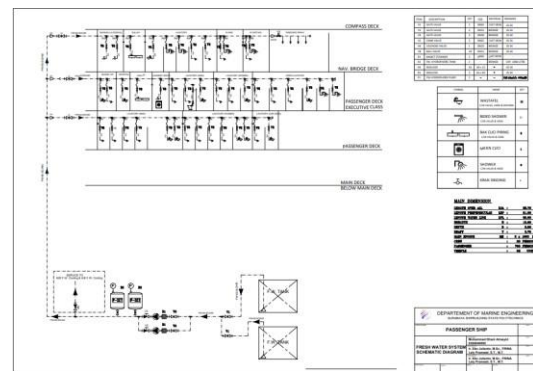
yang akan digunakan adalah 59,48 mm. kemudian dilakukan pemilihan jenis pipa air tawar menggunakan pembacaan BKI VOL III Sec 11 C Table 11.5 Minimum wall thickness groups N, M and D of steel pipes and approved locations.

Tabel 1 Standart JIS G3454 Pipa Utama Air Tawar

Nominal pipe size	2,55	inchi	65	mm
Outside diameter	3	inchi	76,3	mm
Schedule	40			
Nominal wall thickness	0,2	inchi	5,2	mm

3.5 Piping and Instrumentation Diagram

Setelah mendapatkan diameter maka pada tahap ini dapat melakukan perancangan sistem mengikuti rekomendasi BKI Part 1, Vol. 3, Sec. 11 Piping System, Valves and Pumps. Berikut pada Gambar 1 menunjukkan hasil desain P&ID.



Gambar 1 P&ID Jalur Sistem Air Tawar

3.6 Perhitungan Kebutuhan Air Laut

Kebutuhan Air Laut:

Toilet : 15 liter/hari/orang

Urinal : 10 liter/hari/orang

Saniter : 10 liter/hari/orang

Total : 35 liter/hari/orang

Untuk jumlah ABK pada kapal ini berjumlah 730 orang. sehingga, kebutuhan air laut untuk semua ABK adalah

$$V = 730 \times 35$$

$$V = 25550 \text{ liter}$$

$$V = 25,55 \text{ m}^3$$

3.7 Perhitungan Volume Tangki Hydrophore Air Laut

Dari perhitungan rata rata kebutuhan air tawar maka bisa didapatkan tangki *hydrophore* untuk memastikan kapasitas yang memadai guna membantu kebutuhan suplai air tawar menuju kamar per deck.

$$V_h = V_o + \left(\frac{Q \times P_1}{6 \times (P_1 - P_2)} \right) \quad (2.6)$$

$$V_h = 0,511 + \left(\frac{1,065 \times 5,5}{6 \times (5,5 - 3)} \right)$$

$$V_h = 0,901 \text{ m}^3 = 901 \text{ liter}$$

3.8 Perhitungan Diameter Pipa Air Laut

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} \quad (2.9)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.0013}{3,14 \times 1}}$$

$$D = 0,042 \text{ m} = 42 \text{ mm} = 1,65 \text{ inchi}$$

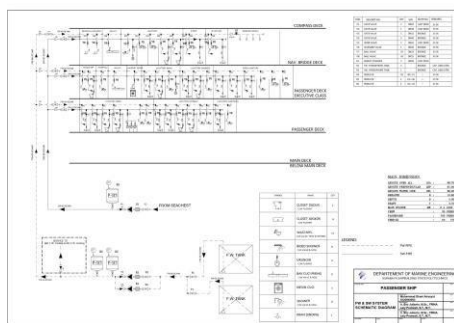
Dari perhitungan diatas maka didapatkan ukuran minimum diameter pipa utama air tawar yang akan digunakan adalah 59,48 mm. kemudian dilakukan pemilihan jenis pipa air tawar menggunakan pembacaan BKI VOL III Sec 11 C Table 11.5 Minimum wall thickness groups N, M and D of steel pipes and approved locations.

Tabel 2 Standart JIS G3454 Pipa Air Laut

Nominal pipe size	1,96	inchi	50	mm
Outside diameter	2,38	inchi	60,5	mm
Schedule	40			
Nominal wall thickness	0,15	inchi	3,9	mm

3.9 Piping and Instrumentation Diagram

Setelah mendapatkan diameter maka pada tahap ini dapat melakukan perancangan sistem mengikuti rekomendasi BKI Part 1, Vol. 3, Sec. 11 Piping System, Valves and Pumps. Berikut pada Gambar 1 menunjukkan hasil desain P&ID.



Gambar 2 P&ID Jalur Sistem Air Laut

4. KESIMPULAN

Dari perhitungan yang didapat hasil volume tangki air tawar yang dibutuhkan pada kapal penumpang refurbished 27,27 m³.

Perancangan perpipaan sistem domestic supply dengan berupa desain P&ID. Menggunakan jenis material pipa commercial steel pipe dengan standard JIS G3454. Nominal diameter yang digunakan dalam perancangan sistem air tawar yaitu 65 mm untuk pipa air tawar dan 50 mm untuk pipa Air Laut

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan, doa, dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, semangat, motivasi, kasih sayang, do'a selama menempuh pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
2. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA. selaku dosen pembimbing I

3. Ibu Lely Pramesti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II
4. Kerabat dan sahabat seperjuangan Teknik Permesinan Kapal-PPNS

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BKI Vol III. 2022. Peraturan Instalasi Mesin Edisi Konsolidasi 2022 Biro Klasifikasi Indonesia. Www.Bki.Co.Id.
- [2] Koizumi, I., & Harada, S. (1982). MACHINERY OUTFITTING DESIGN MANUAL.
- [3] Kurniawan, D., & Baheramasyah, A. (2011). Studi kebutuhan air tawar pada pengembangan landing shiptank (LST) 128 meter berdasarkan perilaku manusia. Undergrad. Theses, May.
- [4] Kusumaning Utami, T., & Chairunnisa, C. (2016). Penelitian Kebutuhan Fasilitas Kapal Penumpang yang Responsif Gender di Pelabuhan Balikpapan. Warta Penelitian Perhubungan, 28(6), 393. <https://doi.org/10.25104/warlit.v28i6.583>
- [5] Rezandy, Y. (2019). Desain sistem perpipaan air tawar pada kapal patroli.